



(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:  
**29.05.2002 Patentblatt 2002/22**

(51) Int Cl.<sup>7</sup>: **F01N 3/20, F02D 41/14**

(21) Anmeldenummer: **01250407.2**

(22) Anmeldetag: **21.11.2001**

(84) Benannte Vertragsstaaten:  
**AT BE CH CY DE DK ES FI FR GB GR IE IT LI LU**  
**MC NL PT SE TR**  
Benannte Erstreckungsstaaten:  
**AL LT LV MK RO SI**

(30) Priorität: **22.11.2000 DE 10057936**  
**22.11.2000 DE 10057938**

(71) Anmelder: **Volkswagen Aktiengesellschaft**  
**38436 Wolfsburg (DE)**

(72) Erfinder:  
• **Hahn, Hermann**  
**30175 Hannover (DE)**  
• **Pott, Ekkehard**  
**38518 Gifhorn (DE)**  
• **Hinze, Sören**  
**D-38102 Braunschweig (DE)**

(74) Vertreter: **Schneider, Henry, Dipl.-Ing.**  
**Gulde Hengelhaupt Ziebig & Schneider**  
**Schützenstrasse 15-17**  
**10117 Berlin (DE)**

(54) **Verfahren und Vorrichtungen zur Regeneration eines NO<sub>x</sub>-Speicherkatalysators**

(57) Die Erfindung betrifft Verfahren zur NO<sub>x</sub>-Regeneration eines in einem Abgaskanal einer magerläuffähigen Verbrennungskraftmaschine angeordneten NO<sub>x</sub>-Speicherkatalysators, wobei der NO<sub>x</sub>-Speicherkatalysator bis zum Erreichen eines Regenerationsendes mit einer Abgasatmosphäre mit  $\lambda \leq 1$  beaufschlagt wird und ein Regenerationsverlauf anhand eines durch eine stromab des NO<sub>x</sub>-Speicherkatalysators angeordnete sauerstoffsensitive Messeinrichtung bereitgestellten sauerstoffabhängigen Signals verfolgt wird, sowie Vorrichtungen zur Regeneration eines NO<sub>x</sub>-Speicherkatalysators.

Es ist vorgesehen, dass während der NO<sub>x</sub>-Regeneration das sauerstoffabhängige Signal ( $U_\lambda$ ) der Messeinrichtung (20) hochgerechnet wird und auf Basis des

hochgerechneten Signals ein theoretischer Zeitpunkt ( $t_S$ ) bestimmt wird, an dem ein vorgegebener Signalschwellenwert ( $U_{SE}$ ) überschritten wird, und das Regenerationsende ( $t_E$ ) bestimmt wird, indem eine im Wesentlichen einer Abgaslaufzeit zwischen Verbrennungskraftmaschine (10) und NO<sub>x</sub>-Speicherkatalysator (18) entsprechende Zeitspanne ( $\Delta t$ ) von dem theoretischen Zeitpunkt ( $t_S$ ) subtrahiert wird. Weiterhin ist vorgesehen, ein Luft-Kraftstoff-Gemisch (Verbrennungslambda) in Abhängigkeit von dem hochgerechneten Signal ( $U_\lambda$ ) unter Berücksichtigung der Abgaslaufzeit ( $\Delta t$ ) zu variieren.

Die erfindungsgemäßen Maßnahmen gewährleisten eine weitgehende Unterdrückung von Schadstoffemissionen am Ende einer Regeneration. Zudem kann eine Gesamtdauer der Regeneration verkürzt werden.

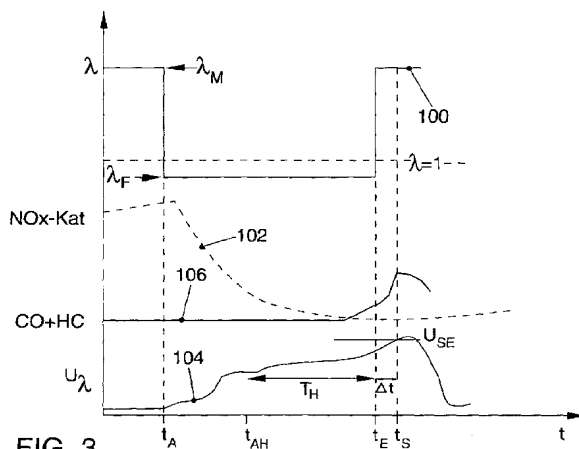


FIG. 3

## Beschreibung

**[0001]** Die Erfindung betrifft Verfahren zur Durchführung einer Regeneration eines  $\text{NO}_x$ -Speicherkatalysators in einem Abgasstrang einer Verbrennungskraftmaschine sowie Vorrichtungen zur Durchführung der Regeneration mit den in den Oberbegriffen der unabhängigen Ansprüche 1 bis 3 beziehungsweise 20 oder 21 genannten Merkmalen.

**[0002]** Verbrennungskraftmaschinen, die aus Gründen einer Verbrauchsoptimierung wenigstens zeitweise in einem mageren Betriebsmodus, das heißt mit einem sauerstoffreichen Abgas mit  $\lambda > 1$ , betrieben werden, produzieren Stickoxide  $\text{NO}_x$  in einem stöchiometrischen Überschuss. Dies hat zur Folge, dass bei einer katalytischen oxidativen Umsetzung von unverbrannten Kohlenwasserstoffen HC und Kohlenmonoxid CO Stickoxide  $\text{NO}_x$  nicht vollständig zu umweltneutralem Stickstoff umgesetzt werden. Zur Abhilfe ist bekannt,  $\text{NO}_x$ -Speicherkatalysatoren in den Abgaskanälen von Verbrennungskraftmaschinen anzuordnen, die in mageren Betriebsphasen das  $\text{NO}_x$  als Nitrat einlagern. Um  $\text{NO}_x$ -Durchbrüche aufgrund eines vollbeladenen  $\text{NO}_x$ -Speicherkatalysators zu vermeiden, muss der  $\text{NO}_x$ -Speicherkatalysator in wiederkehrenden Abständen regeneriert werden. Zu diesem Zweck wird die Verbrennungskraftmaschine kurzfristig in einen fetten oder stöchiometrischen Arbeitsmodus ( $\lambda \leq 1$ ) umgeschaltet. Infolgedessen steigt ein Reduktionsmittelmassenstrom des Abgases an, die als Nitrat eingelagerten Stickoxide werden desorbiert und katalytisch am  $\text{NO}_x$ -Speicherkatalysator unter gleichzeitiger Oxidation von CO und HC umgesetzt.

**[0003]** In einfachen Verfahren wird eine Regenerationsdauer, während der der Speicherkatalysator mit der fetten Abgasatmosphäre beaufschlagt wird, fest vorgegeben. Nachteilig hieran ist, dass ein tatsächlicher Beladungszustand des  $\text{NO}_x$ -Speicherkatalysators und eine aktuelle Regenerationsrate desselben nicht berücksichtigt wird. Eine solche Vorgehensweise birgt die Gefahr, dass die Regenerationsdauer zu kurz oder zu lang gewählt wird, wobei im ersteren Fall eine unvollständige Regeneration des Speichers und im zweiten Fall ein unnötiger Kraftstoffmeherverbrauch sowie eine Emission umweltschädlicher Reduktionsmittel (HC und CO) in Kauf genommen wird. Verfeinerte Verfahren versuchen einen tatsächlichen Beladungszustand des  $\text{NO}_x$ -Speicherkatalysators anhand bestimmter Betriebsparameter während der letzten Magerphase abzuschätzen und leiten hieraus eine erforderliche Regenerationsdauer ab. Jedoch ist auch dieses Verfahren mit erheblichen Ungenauigkeiten behaftet, so dass sich auch hier unzweckmäßige  $\text{NO}_x$ -Regenerationsdauern mit den genannten Folgen ergeben können.

**[0004]** Des Weiteren sind Verfahren bekannt, bei denen mit Hilfe einer stromab des  $\text{NO}_x$ -Speicherkatalysators angeordneten Sensorik, die einen Sauerstoffanteil des Abgases misst, der Regenerationsverlauf über-

wacht wird. Dabei zeigt ein sinkender Sauerstoffanteil im Abgas einen verminderten Reduktionsmittelumsatz am  $\text{NO}_x$ -Speicher und somit steigende Anteile der Reduktionsmittel im Abgas an. Um Reduktionsmitteldurchbrüche zu vermeiden, wird die  $\text{NO}_x$ -Regeneration abgebrochen, das heißt die Verbrennungskraftmaschine wieder in einen mageren Betriebsmodus umgeschaltet, sobald der gemessene Sauerstoffanteil einen vorgegebenen Grenzwert unterschreitet beziehungsweise eine Sensorspannung eine entsprechende Grenzspannung überschreitet. Dieses Verfahren ist mit dem Nachteil verbunden, dass der Sensor erst reagieren kann, wenn bereits ein gewisser Reduktionsmitteldurchbruch auftritt. Ferner ist zum Zeitpunkt der Grenzwerterreicherung der gesamte Abgasweg zwischen Verbrennungskraftmaschine und  $\text{NO}_x$ -Speicherkatalysator noch mit fettem, das heißt reduktionsmittelhaltigem, Abgas gefüllt. Diese Reduktionsmittel (HC und CO) gelangen dann weitgehend unkonvertiert als Schadstoffe in die Umwelt. Um diese Schadstoffemission gering zu halten, darf gemäß dieser Vorgehensweise das Verbrennungslambda während der Regeneration nicht zu fett eingeregelt werden. Dies führt zusätzlich zu dem Nachteil verhältnismäßig langer Regenerationsdauern und einem unnötigen Kraftstoffmeherverbrauch.

**[0005]** Der Erfindung liegt daher die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren zur  $\text{NO}_x$ -Regeneration eines  $\text{NO}_x$ -Speicherkatalysators zur Verfügung zu stellen, welches hinsichtlich einer möglichst geringen Reduktionsmittelemission optimiert ist und gleichzeitig eine vollständige Regeneration des Speicherkatalysators gewährleistet. In einem weiteren Aspekt soll ein möglichst schneller Ablauf des Verfahrens, das heißt kurze Regenerationsdauern, sichergestellt werden. Es soll ferner eine zur Durchführung des Verfahrens geeignete und vorteilhafte Vorrichtung bereitgestellt werden.

**[0006]** Diese Aufgabe wird durch Verfahren mit den in den unabhängigen Ansprüchen 1, 2 und 3 genannten Merkmalen gelöst. Geeignete Vorrichtungen sind durch die in den unabhängigen Ansprüchen 20 und 21 genannten Merkmalen gekennzeichnet.

**[0007]** Gemäß einem ersten erfindungsgemäßen Verfahren ist vorgesehen, dass

(a) während der  $\text{NO}_x$ -Regeneration das sauerstoffabhängige Signal der stromab des  $\text{NO}_x$ -Speicherkatalysators angeordneten Messeinrichtung hochgerechnet wird,

(b) auf Basis des hochgerechneten Signals ein theoretischer Zeitpunkt bestimmt wird, an dem ein vorgegebener Signalschwellenwert voraussichtlich überschritten wird, und

(c) das Regenerationsende bestimmt wird, indem eine im Wesentlichen einer Abgaslaufzeit zwischen Verbrennungskraftmaschine und  $\text{NO}_x$ -Speicherkatalysator entsprechende Zeitspanne von dem theo-

retischen Zeitpunkt subtrahiert wird.

**[0008]** Indem also das Signal der Messeinrichtung hochgerechnet wird, kann mit einer ausreichenden Zuverlässigkeit das Erreichen des vorgegebenen Signalschwellenwertes im Voraus ermittelt werden. Dies ermöglicht die Berücksichtigung der der Abgaslaufzeit zwischen Verbrennungskraftmaschine und  $\text{NO}_x$ -Speicherkatalysator entsprechenden Zeitspanne - nachfolgend einfachheitshalber als Abgaslaufzeit bezeichnet -, so dass die  $\text{NO}_x$ -Regeneration rechtzeitig, das heißt vor dem Auftreten eines Reduktionsmitteldurchbruches, abgebrochen werden kann. Insgesamt ermöglicht das Verfahren damit eine Verminderung der CO- und HC-Emission und eine Minimierung eines für die  $\text{NO}_x$ -Regeneration notwendigen Kraftstoffmeherverbrauchs.

**[0009]** Die Hochrechnung des sauerstoffabhängigen Signals der Messeinrichtung erfolgt gemäß einer vorteilhaften Ausgestaltung des Verfahrens anhand aktueller Betriebsparameter der Verbrennungskraftmaschine und/oder der Abgasanlage. Diese können etwa ein aktuelles, der Verbrennungskraftmaschine zugeführtes Luft-Kraftstoff-Gemisch (Verbrennungslambda) und/oder ein Abgasmassenstrom und/oder eine Abgastemperatur und/oder eine Katalysatortemperatur umfassen. Die Genauigkeit der Hochrechnung kann weiterhin dadurch erhöht werden, dass sie unter Berücksichtigung eines Verhaltensmodells des  $\text{NO}_x$ -Speicherkatalysators erfolgt. Ein solches Verhaltensmodell kann etwa den Verlauf einer Regenerationsrate in Abhängigkeit von dem aktuellen Reduktionsmittelmassenstrom und/oder der Katalysatortemperatur beinhalten. Das Verhaltensmodell kann zudem den während der aktuellen Regeneration gemessenen Signalverlauf berücksichtigen. Eine vorteilhafte Weiterentwicklung des Verfahrens kann ferner erzielt werden, indem das Signal unter Berücksichtigung eines Verhaltensmodells der sauerstoffempfindlichen Messeinrichtung hochgerechnet wird. Dabei kann insbesondere eine Trägheit, also eine Zeitverzögerung, mit der die Messeinrichtung veränderte Abgasbedingungen anzeigt, aber auch eine aktuelle, etwa über einen Innenwiderstand gemessene, Temperatur der Messeinrichtung berücksichtigt werden.

**[0010]** Obwohl es prinzipiell möglich ist, die Abgaslaufzeit als Festwert vorzugeben, ist bevorzugt vorgesehen, diese anhand aktueller Betriebsparameter der Verbrennungskraftmaschine zu berechnen. Dabei kann auf bekannte Betriebsparameter wie Motorlast, Drehzahl oder Abgastemperatur oder auch andere geeignete Daten zurückgegriffen werden.

**[0011]** Da die Zuverlässigkeit der Hochrechnung des Signalverlaufes unter bestimmten extremen Randbedingungen vermindert sein kann, sieht eine bevorzugte Ausführung des Verfahrens vor, Grenzwerte für verschiedene Betriebsbedingungen der Verbrennungskraftmaschine und/oder der Abgasanlage vorzugeben und die Hochrechnung zu unterdrücken, wenn diese Grenzwerte nicht eingehalten werden. Dabei sind ins-

besondere Grenzwerte für den Abgasmassenstrom und/oder für die Temperatur des  $\text{NO}_x$ -Speicherkatalysators sinnvoll, da bei zu hohen Abgasmassenströmen oder zu niedrigen Katalysatortemperaturen die Regenerationsraten zu unstetig sind, um mit ausreichender Zuverlässigkeit hochgerechnet werden zu können. Die Signalthochrechnung kann vorteilhafterweise auch dann unterdrückt werden, wenn betriebspunktabhängige Störeinflüsse vorliegen, die eine irreguläre  $\text{NO}_x$ -Regeneration beeinflussen. Dies ist beispielsweise bei einer Schubabschaltung der Verbrennungskraftmaschine der Fall.

**[0012]** Gemäß einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung des Verfahrens erfolgt die Hochrechnung nicht während der gesamten Regenerationsdauer des Speicherkatalysators, sondern erst nach Verstreichen einer vorgegebenen Zeit nach Beginn der Regeneration und/oder nach Durchsatz einer vorgegebenen Abgasmasse und/oder nach Überschreiten einer vorgegebenen Mindestschwelle des Signals der Messeinrichtung. Durch diese Maßnahmen wird gewährleistet, dass der Signalverlauf bereits über eine gewisse Mindestdauer bekannt ist und somit zuverlässiger extrapoliert werden kann. Nach Beginn der Hochrechnung sollte der Signalverlauf weiterhin verfolgt werden, so dass die Hochrechnung ständig aktualisiert werden kann.

**[0013]** Ein weiteres erfindungsgemäßes Verfahren sieht vor, dass

(a) während der  $\text{NO}_x$ -Regeneration das sauerstoffabhängige Signal der stromab des  $\text{NO}_x$ -Speicherkatalysators angeordneten Messeinrichtung hochgerechnet wird und

(b) ein der Verbrennungskraftmaschine während der Regeneration zugeführtes Luft-Kraftstoff-Gemisch (Verbrennungslambda) in Abhängigkeit von dem hochgerechneten Signal unter Berücksichtigung einer im Wesentlichen der Abgaslaufzeit zwischen Verbrennungskraftmaschine und  $\text{NO}_x$ -Speicherkatalysator entsprechenden Zeitspanne variiert wird.

**[0014]** Die erfindungsgemäße Hochrechnung ermöglicht in diesem Aspekt der Erfindung die Berücksichtigung der Abgaslaufzeit bei der Veränderung des Verbrennungslambdas während der Regeneration, so dass auf eine zu erwartende Signalthöhe gewissermaßen vorausschauend reagiert werden kann. So ist es beispielsweise möglich, das Verbrennungslambda anzuheben, bevor ein durch die Hochrechnung prognostizierter, unerwünschter Reduktionsmitteldurchbruch auftritt, und diesen letztlich durch diese Maßnahme zu verringern oder sogar vollständig zu unterdrücken. Insgesamt ermöglicht das Verfahren damit eine Verminderung der CO- und HC-Emission und eine Minimierung eines für die  $\text{NO}_x$ -Regeneration notwendigen Kraftstoffmeherverbrauchs.

**[0015]** Die genannten Vorteile ergeben sich in noch stärkerem Ausmaß durch ein weiteres erfindungsgemäßes Verfahren, das im Wesentlichen eine Kombination der beiden erstgenannten Verfahren darstellt und nach welchem

(a) während der  $\text{NO}_x$ -Regeneration das sauerstoffabhängige Signal der Messeinrichtung hochgerechnet wird,

(b) auf Basis des hochgerechneten Signals ein theoretischer Zeitpunkt bestimmt wird, an dem ein vorgegebener erster Signalschwellenwert überschritten wird, und

(c) ein der Verbrennungskraftmaschine während der Regeneration zugeführtes Luft-Kraftstoff-Gemisch in Abhängigkeit von dem hochgerechneten Signal und/oder dem Zeitpunkt unter Berücksichtigung einer im Wesentlichen einer Abgaslaufzeit zwischen Verbrennungskraftmaschine und  $\text{NO}_x$ -Speicherkatalysator entsprechenden Zeitspanne variiert wird, wobei insbesondere das Regenerationsende bestimmt wird, indem die im Wesentlichen der Abgaslaufzeit entsprechende Zeitspanne von dem theoretischen Zeitpunkt subtrahiert wird.

**[0016]** Zusätzlich zu den Maßnahmen des voraus genannten Verfahrens wird demnach das (theoretische) Erreichen des für einen Regenerationsabbruch vorgegebenen Signalschwellenwertes im Voraus ermittelt. Somit kann die Regeneration rechtzeitig, das heißt vor dem Auftreten eines Reduktionsmitteldurchbruches, abgebrochen werden.

**[0017]** Nach einer besonders vorteilhaften Ausgestaltung der Verfahren wird das Verbrennungslambda der Verbrennungskraftmaschine dem Regenerationsende vorausgehend auf einen Wert nahe  $\lambda = 1$  angehoben, wobei dieser Wert größer, das heißt magerer, als ein vorausgegangener Lambdawert und gleichzeitig  $<$  oder  $= 1$  ist. Erfindungsgemäß ergeben sich mehrere Alternativen, um einen Zeitpunkt dieser Anhebung zu bestimmen. Beispielsweise kann die Anhebung nach Ablauf eines vorgebbaren Anteils einer durch die Hochrechnung ermittelten Regenerationsgesamtdauer erfolgen. Noch vorteilhafter ist es, das Verbrennungslambda bei Erreichen eines zweiten vorgegebenen Signalschwellenwertes durch das hochgerechnete Sensorsignal unter Berücksichtigung der Abgaslaufzeit anzuheben, wobei der zweite Signalschwellenwert sinnvollerweise kleiner ist als der erste Signalschwellenwert, sofern es sich um eine SONDENSspannung handelt. Die Anhebung des Verbrennungslambdas vor dem Regenerationsende bewirkt eine Verminderung eines Reduktionsmittelmassenstroms zu einem Zeitpunkt, an dem nur noch geringe Mengen eingelagerter Stickoxide im Speicherkatalysator zur Konvertierung der Reduktionsmittel zur Verfügung stehen. Durch diese Maßnahme

wird somit die Gefahr eines Reduktionsmitteldurchbruchs am Ende der Regeneration zusätzlich vermindert. Dabei hat es sich besonders bewährt, das Verbrennungslambda auf Lambdawerte von 0,94 bis 0,99, insbesondere auf 0,95 bis 0,98, anzuheben.

**[0018]** Nach einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung wird das Verbrennungslambda der Verbrennungskraftmaschine so lange unterhalb eines vorausgegangenen Lambdawertes abgesenkt, bis das hochgerechnete Sensorsignal unter Berücksichtigung der Abgaslaufzeit einen dritten vorgegebenen Signalschwellenwert erreicht. In diesem Zusammenhang haben sich Verbrennungslambdawerte von 0,6 bis 0,9, insbesondere von 0,7 bis 0,8, besonders bewährt. Durch diese Ausgestaltung des Verfahrens wird der  $\text{NO}_x$ -Speicherkatalysator folglich mit einer vergleichsweise sehr fetten Abgasatmosphäre beaufschlagt, solange der Speicher noch einen durch die dritte Signalschwelle markierte Mindestbelastung an Stickoxiden aufweist. Durch diese zumindest zeitweise sehr fette Beaufschlagung des Speicherkatalysators wird eine Effizienz der  $\text{NO}_x$ -Umsetzung erhöht, die Regenerationsdauer verkürzt und letztendlich der für die Regeneration aufzuwendende Kraftstoffmeherverbrauch minimiert.

**[0019]** Es ist selbstverständlich denkbar, weitere Schwellenwerte vorzugeben, deren Überschreitung durch das hochgerechnete Sensorsignal weitere Variationen des Verbrennungslambdas auslöst. Zusätzliche Schwellenwerte können beispielsweise einen anderweitig ermittelten Alterungszustand des Speicherkatalysators berücksichtigen. Die verschiedenen Anhebungen und/oder Absenkungen des der Verbrennungskraftmaschine zuzuführenden Luft-Kraftstoff-Gemisches können auch stufenweise oder sogar kontinuierlich erfolgen.

**[0020]** Die erfindungsgemäßen Vorrichtungen umfassen Mittel, mit denen die geschilderten Verfahrensschritte ausführbar sind. Die Mittel umfassen eine Steuereinheit, in der ein Algorithmus zur Steuerung der Verfahrensschritte in digitaler Form hinterlegt ist. Diese Steuereinheit kann vorteilhaft auch in ein Motorsteuergerät des Fahrzeuges integriert sein.

**[0021]** Die sauerstoffsensitive Messeinrichtung kann eine stromab des  $\text{NO}_x$ -Speicherkatalysators angeordnete Lambdasonde, insbesondere eine Breitband- oder eine Sprungantwort-Lambdasonde, sein oder ein  $\text{NO}_x$ -Sensor, der über ein Lambdaausgangssignal verfügt.

**[0022]** Weitere bevorzugte Ausgestaltungen der Erfindung ergeben sich aus den übrigen, in den Unteransprüchen genannten Merkmalen.

**[0023]** Die Erfindung wird nachfolgend in Ausführungsbeispielen anhand der zugehörigen Zeichnungen näher erläutert. Es zeigen:

55 Figur 1 eine Prinzipdarstellung einer Verbrennungskraftmaschine mit einer Abgasanlage;

Figur 2 zeitliche Verläufe verschiedener Abgaspara-

meter während einer herkömmlichen  $\text{NO}_x$ -Regeneration;

Figur 3 zeitliche Verläufe verschiedener Abgasparameter während einer  $\text{NO}_x$ -Regeneration gemäß einer ersten Ausführung der vorliegenden Erfindung; und

Figur 4 zeitliche Verläufe verschiedener Abgasparameter während einer  $\text{NO}_x$ -Regeneration gemäß einer zweiten Ausführung der vorliegenden Erfindung.

**[0024]** Der in der Figur 1 dargestellten Verbrennungskraftmaschine 10 ist eine insgesamt mit 12 bezeichnete Abgasanlage zugeordnet. Die Abgasanlage 12 umfasst einen Abgaskanal 14, in dem ein in einer motornahen Position angeordneter Vorkatalysator 16 sowie ein großvolumiger  $\text{NO}_x$ -Speicherkatalysator 18 angeordnet ist. Neben dem Katalysatorsystem 16, 18 beherbergt der Abgaskanal 14 üblicherweise verschiedene, nicht gezeigte Gas- und/oder Temperatursensoren zur Regelung der Verbrennungskraftmaschine 10. Dargestellt ist hier lediglich eine sauerstoffempfindliche Messeinrichtung 20, die stromab des  $\text{NO}_x$ -Speicherkatalysators 18 angeordnet ist. Die Messeinrichtung 20 kann beispielsweise eine Lambdasonde oder ein  $\text{NO}_x$ -Sensor sein, welcher mit einer Lambdamessfunktion ausgestattet ist. In jedem Fall stellt die Messeinrichtung 20 ein von einem Sauerstoffanteil des Abgases abhängiges Signal  $U_\lambda$  bereit. Dieses Signal  $U_\lambda$  wird an ein Motorsteuergerät 22 übermittelt, in welchem es digitalisiert und weiterverarbeitet wird. Weitere, den Betriebszustand der Verbrennungskraftmaschine 10 betreffende Informationen finden ebenfalls Eingang in das Motorsteuergerät 22. In dem Motorsteuergerät 22 ist eine Steuereinheit 24 integriert, in welcher ein Algorithmus zur Durchführung des Verfahrens zur  $\text{NO}_x$ -Regeneration des  $\text{NO}_x$ -Speicherkatalysators 18 hinterlegt ist. Das Motorsteuergerät 22 und die Steuereinheit 24 sind in der Lage, mindestens einen Betriebsparameter der Verbrennungskraftmaschine 10, insbesondere ein zuzuführendes Luft-Kraftstoff-Gemisch (Verbrennungslambda), in Abhängigkeit von dem Signal  $U_\lambda$  der Messeinrichtung in noch zu erläuternder Weise zu beeinflussen.

**[0025]** Figur 2 zeigt den zeitlichen Verlauf verschiedener Parameter der Verbrennungskraftmaschine 10 sowie der Abgasanlage 12 während einer  $\text{NO}_x$ -Regeneration des  $\text{NO}_x$ -Speicherkatalysators 18, die nach einem herkömmlichen Verfahren durchgeführt wird. Zunächst befindet sich die Verbrennungskraftmaschine 10 in einem mageren Betriebsmodus, in dem ihr ein sauerstoffreiches Luft-Kraftstoff-Gemisch mit  $\lambda_M \gg 1$  zugeführt wird (Graph 100). In dieser Phase enthält das Abgas einen Überschuss an Stickoxiden  $\text{NO}_x$ , die durch den Vorkatalysator 16 nicht vollständig konvertiert werden können.  $\text{NO}_x$  wird daher in den  $\text{NO}_x$ -Speicherkatalysator 18 eingelagert, dessen  $\text{NO}_x$ -Beladung dabei

kontinuierlich zunimmt (Graph 102). Anhand eines geeigneten Kriteriums wird zu einem Zeitpunkt  $t_A$  eine  $\text{NO}_x$ -Regenerationsnotwendigkeit erkannt. Dies kann beispielsweise ein, durch die Messeinrichtung 20 detektierter  $\text{NO}_x$ -Durchbruch sein. Infolgedessen wird die Verbrennungskraftmaschine 10 durch Einflussnahme des Motorsteuergerätes 22 in einen fetten Betriebsmodus umgeschaltet mit  $\lambda_F < 1$ . Infolge des nunmehr erhöhten Massenstroms der Reduktionsmittel CO und HC im Abgas wird das im  $\text{NO}_x$ -Speicherkatalysator 18 eingelagerte  $\text{NO}_x$  desorbiert und zu Stickstoff reduziert. Eine Abnahme der  $\text{NO}_x$ -Beladung (Graph 102) des Speicherkatalysators 18 ist jedoch erst nach einer gewissen zeitlichen Verzögerung nach Umschaltung der Verbrennungskraftmaschine 10 zu verzeichnen, da zum Zeitpunkt  $t_A$  der Abgaskanal 14 noch mit magerem Abgas gefüllt ist, welches zunächst noch den Speicherkatalysator 18 passieren muss, ehe die Reduktionsmittel diesen erreichen. Der Verlauf der  $\text{NO}_x$ -Regeneration wird währenddessen mit Hilfe des von der Messeinrichtung 20 bereitgestellten Signals  $U_\lambda$  - in der Regel eine Spannung - verfolgt. Die SONDENSspannung  $U_\lambda$  (Graph 104) verhält sich umgekehrt proportional zu einer Sauerstoffkonzentration des Abgases stromab des Speicherkatalysators 18. Da mit fortschreitender Regeneration die Reduktionsmittel in immer geringerem Ausmaß verbraucht werden, steigt das Signal  $U_\lambda$  der Messeinrichtung 20 langsam an. Zu einem Zeitpunkt  $t_E$  erreicht das Signal  $U_\lambda$  einen vorgegebenen Schwellenwert  $U_{SE}$ , woraufhin die Verbrennungskraftmaschine 10 im Allgemeinen wieder in einen mageren Betriebsmodus mit  $\lambda_M \gg 1$  umgeschaltet wird. Zum Zeitpunkt des Regenerationsendes  $t_E$  befindet sich jedoch noch Abgas mit einem hohen Reduktionsmittelanteil in dem Abgaskanal 14 zwischen der Verbrennungskraftmaschine 10 und dem Speicherkatalysator 18. Dieses durchströmt den nunmehr praktisch  $\text{NO}_x$ -freien Speicherkatalysator 18 und gelangt unkonvertiert in die Umwelt. Der Verlauf der stromab des Katalysators gemessenen Konzentration von Kohlenmonoxid CO und unverbrannten Kohlenwasserstoffen HC (Graph 106) zeigt daher nach Regenerationsende  $t_E$  noch einen unerwünscht hohen Anstieg.

**[0026]** Um die Emission von Schadstoffen zu verringern, wird gemäß der vorliegenden Erfindung ein anderer Ansatz verfolgt, um das Regenerationsende  $t_E$  zu bestimmen. Der zeitliche Verlauf der gleichen Parameter wie in Figur 2 ist in Figur 3 dargestellt - diesmal während einer Regeneration gemäß einer ersten typischen Ausgestaltung des erfindungsgemäßen Verfahrens. Nach Beginn der Regeneration zum Zeitpunkt  $t_A$  durch Umschaltung der Verbrennungskraftmaschine 10 von einem mageren Betriebsmodus mit  $\lambda_M \gg 1$  in einen fetten Modus mit  $\lambda_{F1} < 1$  wird zunächst das Signal  $U_\lambda$  der Messeinrichtung 20 (Graph 104) in bekannter Weise gemessen und aufgezeichnet. Nach Verstreichen einer vorgegebenen Zeitspanne beginnt die Steuereinheit 24 zu einem Zeitpunkt  $t_{AH}$  mit einer Hochrechnung des Si-

gnals  $U_\lambda$ . Dies geschieht auf Basis des bislang gemessenen Verlaufs von  $U_\lambda$  und anhand verschiedener Betriebsparameter der Verbrennungskraftmaschine 10 sowie der Abgasanlage 12. Ferner können Verhaltensmodelle des Speicherkatalysators 18 sowie der Messeinrichtung 20 bei der Hochrechnung berücksichtigt werden. Auf Basis des hochgerechneten Signalverlaufes wird ein Zeitpunkt  $t_S$  bestimmt, an dem der vorgegebene Signalschwellenwert  $U_{SE}$  theoretisch erreicht wird.

**[0027]** Anhand ausgewählter Betriebsparameter berechnet die Steuereinheit 24 ferner eine Zeitspanne  $\Delta t$ , die der aktuellen Abgaslaufzeit, die das Abgas bis zum Erreichen des Speicherkatalysators benötigt, entspricht. Gemäß einem ersten Aspekt der Erfindung wird dann der Zeitpunkt des tatsächlichen Regenerationsendes  $t_E$  durch Subtraktion der Abgaslaufzeit  $\Delta t$  von dem Zeitpunkt  $t_S$  bestimmt. Während des Zeitraumes  $T_H$  wird anhand aktueller Betriebsparameter und anhand des tatsächlichen Signalverlaufes  $U_\lambda$  die Hochrechnung und damit das Regenerationsende  $t_E$  ständig aktualisiert. Ist das so bestimmte Regenerationsende  $t_E$  erreicht, wird die Verbrennungskraftmaschine 10 wieder in den mageren Betriebsmodus mit  $\lambda_M$  umgeschaltet. Zu diesem Zeitpunkt liegt in dem Speicherkatalysator 18 noch eine geringe Menge eingelagertes  $NO_x$  vor (Graph 102), welches ausreicht, um die restlichen, im Abgas enthaltenen Reduktionsmittel zu konvertieren. Folglich werden stromab des Speicherkatalysators 18 nach dem Regenerationsende  $t_E$  nur noch sehr geringe Anteile an Schadstoffen gemessen (Graph 106).

**[0028]** Die zeitlichen Verläufe der Parameter gemäß einer vorteilhaften Ausgestaltung eines weiteren erfindungsgemäßen Verfahrens, bei dem ein vorgegebenes Verbrennungslambda unter Berücksichtigung des hochgerechneten Sensorsignals  $U_\lambda$  und der Abgaslaufzeit variiert wird, zeigt Figur 4. Dabei erfolgt die Hochrechnung des Sensorsignals  $U_\lambda$  (Graph 104) sowie die Ermittlung der Abgaslaufzeit  $\Delta t$  analog zu der im Rahmen von Figur 3 erläuterten Vorgehensweise.

**[0029]** Unmittelbar nach Beginn der Hochrechnung des Sensorsignals  $U_\lambda$  zum Zeitpunkt  $t_{AH}$  wird zunächst überprüft, ob zum aktuellen Zeitpunkt und nach Ablauf der ermittelten Abgaslaufzeit  $\Delta t$  das hochgerechnete Sensorsignal  $U_\lambda$  sich noch unterhalb eines vorgegebenen ersten Schwellenwertes  $U_{S1}$  befindet. Nur bei Bejahung dieser Überprüfung kann - wie im dargestellten Beispiel - ein der Verbrennungskraftmaschine 10 zugeführtes Luft-Kraftstoff-Gemisch auf einen von einem anfänglich eingestellten Lambdawert  $\lambda_{F1}$  abweichenden Lambdawert  $\lambda_{F2}$  geändert werden. (Graph 100). Bei Absenkung des Lambdawertes auf einen gegenüber dem Lambdawert  $\lambda_{F1}$  niedrigeren Lambdawert  $\lambda_{F2}$  steigt der Reduktionsmittelmassenstrom des Abgases weiter an und damit die Regenerationsrate, was sich in einem steileren Abfall der  $NO_x$ -Beladung des Speicherkatalysators 18 niederschlägt (Graph 102).  $\lambda_{F2}$  wird so lange beibehalten, bis das hochgerechnete Signal  $U_\lambda$  unter Berücksichtigung von  $\Delta t$  den Schwellenwert  $U_{S1}$  er-

reicht. Dies ist zum Zeitpunkt  $t_1$  der Fall, an dem das Verbrennungslambda wieder auf einen weniger fetten Lambdawert  $\lambda_{F3}$  angehoben wird (Graph 100).

**[0030]** Kurze Zeit später erreicht im vorliegenden Beispiel das hochgerechnete Sensorsignal  $U_\lambda$  einen zweiten, aus Gründen der Übersichtlichkeit nicht dargestellten Signalschwellenwert  $U_{S2}$ , der zwischen  $U_{S1}$  und  $U_{SE}$  angesiedelt ist. Das Erreichen des Signalschwellenwertes  $U_{S2}$  signalisiert, dass die  $NO_x$ -Beladung des Speicherkatalysators 18 nahezu erschöpft ist. Um einen drohenden Schadstoffdurchbruch durch das fette Abgas zu vermeiden, wird das Verbrennungslambda weiter auf einen Wert von  $\lambda_{F4}$  nahe 1 angehoben.  $\lambda_{F4}$  beträgt dann typischerweise 0,95 bis 0,98.

**[0031]** Auf Basis des hochgerechneten Signalverlaufes wird ferner gemäß dem in Figur 3 dargestellten Verfahren der Zeitpunkt  $t_S$  bestimmt, an dem der vorgegebene Signalschwellenwert  $U_{SE}$  theoretisch erreicht wird. Durch Subtraktion der Abgaslaufzeit  $\Delta t$  von dem Zeitpunkt  $t_S$  wird dann der Zeitpunkt des (tatsächlichen) Regenerationsendes  $t_E$  bestimmt. Ist das so bestimmte Regenerationsende  $t_E$  erreicht, wird die Verbrennungskraftmaschine 10 wieder in den mageren Betriebsmodus mit  $\lambda_M$  umgeschaltet, um den Schadstoffdurchbruch (Graph 106) zu verhindern. Die zu diesem Zeitpunkt noch im Speicherkatalysator 18 vorliegende geringe Menge  $NO_x$  (Graph 102) sorgt für die weitgehende Umsetzung des geringen noch im Abgas enthaltenen Reduktionsmittelanteils.

**[0032]** Der Vergleich der durch die Graphen 106 in den Figuren 2 und 4 symbolisierten Konzentrationen von Kohlenmonoxid CO und unverbrannten Kohlenwasserstoffen HC stromab des  $NO_x$ -Speicherkatalysators 18 zeigt eine starke Verringerung der regenerationsbedingten Schadstoffemission. Es wird aber auch deutlich, dass bei geeigneter Wahl der Lambdawerte  $\lambda_{F1}$  bis  $\lambda_{F4}$  durch das erfindungsgemäße Verfahren die Gesamtdauer der  $NO_x$ -Regeneration reduziert werden kann, wodurch sich eine Minimierung des für die Regeneration notwendigen Kraftstoffmeherverbrauchs ergibt.

## BEZUGSZEICHENLISTE

**[0033]**

10	Verbrennungskraftmaschine
12	Abgasanlage
14	Abgaskanal
16	Vorkatalysator
18	$NO_x$ -Speicherkatalysator
20	sauerstoffempfindliche Messeinrichtung
22	Motorsteuergerät
24	Steuereinheit
100	Verbrennungslambda
102	$NO_x$ -Beladung des $NO_x$ -Speicherkatalysators
104	Signalverlauf ( $U_\lambda$ ) der Messeinrichtung
106	Reduktionsmittelgehalt im Abgas

$t_A$	Regenerationsbeginn	
$t_E$	Regenerationsende	
$t_S$	Zeitpunkt der Überschreitung von $U_{SE}$	
$t_{AH}$	Hochrechnungsbeginn	
$T_H$	Hochrechnungsdauer	5
$\Delta t$	Abgaslaufzeit	
$U_\lambda$	Signal der Messeinrichtung	
$U_{SE}$	Schwellenwert zur Beendigung der $NO_X$ -Regeneration	
$U_{Si}$	Schwellenwerte zur Anhebung oder Absenkung des Verbrennungslambdas	10
$\lambda_M$	Lambdamagerwert	
$\lambda_F$	Lambdafettwert	

### Patentansprüche

1. Verfahren zur  $NO_X$ -Regeneration eines in einem Abgaskanal einer magerlauffähigen Verbrennungskraftmaschine (10) angeordneten  $NO_X$ -Speicherkatalysators (18), wobei der  $NO_X$ -Speicherkatalysator (18) bis zum Erreichen eines Regenerationsendes mit einer fetten bis stöchiometrischen Abgasatmosphäre mit  $\lambda \leq 1$  beaufschlagt wird und ein Regenerationsverlauf anhand eines durch eine stromab des  $NO_X$ -Speicherkatalysators (18) angeordnete sauerstoffsensitive Messeinrichtung (20) bereitgestellten sauerstoffabhängigen Signals verfolgt wird, **dadurch gekennzeichnet, dass**

(a) während der  $NO_X$ -Regeneration das sauerstoffabhängige Signal ( $U_\lambda$ ) der Messeinrichtung (20) hochgerechnet wird,

(b) auf Basis des hochgerechneten Signals ein theoretischer Zeitpunkt ( $t_S$ ) bestimmt wird, an dem ein vorgegebener Signalschwellenwert ( $U_{SE}$ ) überschritten wird, und

(c) das Regenerationsende ( $t_E$ ) bestimmt wird, indem eine im Wesentlichen einer Abgaslaufzeit zwischen Verbrennungskraftmaschine (10) und  $NO_X$ -Speicherkatalysator (18) entsprechende Zeitspanne ( $\Delta t$ ) von dem theoretischen Zeitpunkt ( $t_S$ ) subtrahiert wird.

2. Verfahren zur  $NO_X$ -Regeneration eines in einem Abgaskanal einer magerlauffähigen Verbrennungskraftmaschine (10) angeordneten  $NO_X$ -Speicherkatalysators (18), wobei der  $NO_X$ -Speicherkatalysator (18) bis zum Erreichen eines Regenerationsendes mit einer fetten bis stöchiometrischen Abgasatmosphäre mit  $\lambda \leq 1$  beaufschlagt wird und ein Regenerationsverlauf anhand eines durch eine stromab des  $NO_X$ -Speicherkatalysators (18) angeordnete sauerstoffsensitive Messeinrichtung (20) bereitgestellten sauerstoffabhängigen Signals verfolgt wird, **dadurch gekennzeichnet, dass**

(a) während der  $NO_X$ -Regeneration das sauerstoffabhängige Signal ( $U_\lambda$ ) der Messeinrichtung (20) hochgerechnet wird und

(b) ein der Verbrennungskraftmaschine (10) während der Regeneration zugeführtes Luft-Kraftstoff-Gemisch (Verbrennungslambda) in Abhängigkeit von dem hochgerechneten Signal ( $U_\lambda$ ) unter Berücksichtigung einer im Wesentlichen einer Abgaslaufzeit zwischen Verbrennungskraftmaschine (10) und  $NO_X$ -Speicherkatalysator (18) entsprechenden Zeitspanne ( $\Delta t$ ) variiert wird.

3. Verfahren zur  $NO_X$ -Regeneration eines in einem Abgaskanal einer magerlauffähigen Verbrennungskraftmaschine (10) angeordneten  $NO_X$ -Speicherkatalysators (18), wobei der  $NO_X$ -Speicherkatalysator (18) bis zum Erreichen eines Regenerationsendes mit einer fetten bis stöchiometrischen Abgasatmosphäre mit  $\lambda \leq 1$  beaufschlagt wird und ein Regenerationsverlauf anhand eines durch eine stromab des  $NO_X$ -Speicherkatalysators (18) angeordnete sauerstoffsensitive Messeinrichtung (20) bereitgestellten sauerstoffabhängigen Signals verfolgt wird, **dadurch gekennzeichnet, dass**

(a) während der  $NO_X$ -Regeneration das sauerstoffabhängige Signal ( $U_\lambda$ ) der Messeinrichtung (20) hochgerechnet wird,

(b) auf Basis des hochgerechneten Signals ein theoretischer Zeitpunkt ( $t_S$ ) bestimmt wird, an dem ein vorgegebener erster Signalschwellenwert ( $U_{SE}$ ) überschritten wird, und

(c) ein der Verbrennungskraftmaschine (10) während der Regeneration zugeführtes Luft-Kraftstoff-Gemisch (Verbrennungslambda) in Abhängigkeit von dem hochgerechneten Signal ( $U_\lambda$ ) und/oder dem Zeitpunkt ( $t_S$ ) unter Berücksichtigung einer im Wesentlichen einer Abgaslaufzeit zwischen Verbrennungskraftmaschine (10) und  $NO_X$ -Speicherkatalysator (18) entsprechenden Zeitspanne ( $\Delta t$ ) variiert wird.

4. Verfahren nach Anspruch 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Regenerationsende ( $t_E$ ) bestimmt wird, indem die im Wesentlichen der Abgaslaufzeit entsprechende Zeitspanne ( $\Delta t$ ) insbesondere durch Subtraktion berücksichtigt wird.

5. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** das sauerstoffabhängige Signal ( $U_\lambda$ ) anhand aktueller Betriebsparameter der Verbrennungskraftmaschine (10) und/oder der Abgasanlage (12) hochgerechnet wird.

6. Verfahren nach Anspruch 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** das sauerstoffabhängige Signal ( $U_\lambda$ ) in Abhängigkeit eines der Verbrennungskraftmaschine (10) zugeführten Luft-Kraftstoff-Gemisches und/oder eines Abgasmassenstromes und/oder einer Abgastemperatur und/oder einer Katalysatortemperatur hochgerechnet wird.
7. Verfahren nach Anspruch 5 oder 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** das sauerstoffabhängige Signal ( $U_\lambda$ ) unter Berücksichtigung eines Verhaltensmodells des  $\text{NO}_x$ -Speicherkatalysators (18) hochgerechnet wird.
8. Verfahren nach einem der Ansprüche 5 bis 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** das sauerstoffabhängige Signal ( $U_\lambda$ ) unter Berücksichtigung eines Verhaltensmodells der sauerstoffempfindlichen Messeinrichtung (20), insbesondere einer Trägheit der Messeinrichtung (20), hochgerechnet wird.
9. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Hochrechnung nach einem Verstreichen einer vorgegebenen Zeit nach Beginn der Regeneration und/oder nach Durchsatz einer vorgegebenen Abgasmasse und/oder nach Überschreiten einer vorgegebenen Schwelle des Signals ( $U_\lambda$ ) beginnt.
10. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Abgaslaufzeit ( $\Delta t$ ) anhand aktueller Betriebsparameter der Verbrennungskraftmaschine (10) berechnet wird oder vorgegeben wird.
11. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Hochrechnung des Signals ( $U_\lambda$ ) unterbleibt, wenn vorgegebene Grenzwerte für Betriebsbedingungen der Verbrennungskraftmaschine (10) und/oder der Abgasanlage (12) nicht eingehalten werden.
12. Verfahren nach Anspruch 11, **dadurch gekennzeichnet, dass** Grenzwerte für den Abgasmassenstrom und/oder für die Temperatur des  $\text{NO}_x$ -Speicherkatalysators (18) vorgegeben werden.
13. Verfahren nach Anspruch 11 oder 12, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Hochrechnung des Signals ( $U_\lambda$ ) bei einer Schubabschaltung während der  $\text{NO}_x$ -Regeneration unterbleibt.
14. Verfahren nach einem der Ansprüche 2 oder 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Verbrennungslambda bei Erreichen eines zweiten vorgegebenen Signalschwellenwertes ( $U_{S2}$ ) durch das hochgerechnete Sensorsignal ( $U_\lambda$ ) unter Berücksichtigung der Abgaslaufzeit ( $\Delta t$ ) oder nach Ablauf eines vorgebbaren Anteils einer durch die Hochrechnung ermittelten Regenerationsdauer angehoben wird.
15. Verfahren nach Anspruch 14, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Verbrennungslambda der Verbrennungskraftmaschine (10) dem Regenerationsende ( $t_E$ ) vorausgehend auf einen Wert ( $\lambda_{F4}$ ) angehoben wird, der größer als ein vorausgegangener Verbrennungslambda wert und  $\leq 1$  ist.
16. Verfahren nach Anspruch 15, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Verbrennungslambda auf  $\lambda_{F4} = 0,94$  bis  $0,99$ , insbesondere auf  $0,95$  bis  $0,98$ , angehoben wird.
17. Verfahren nach einem der Ansprüche 2 oder 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Verbrennungslambda der Verbrennungskraftmaschine (10) so lange auf einen Wert ( $\lambda_{F2}$ ) unterhalb eines vorausgegangenen Lambdawertes ( $\lambda_{F1}$ ) abgesenkt wird, bis das hochgerechnete Sensorsignal ( $U_\lambda$ ) unter Berücksichtigung der Abgaslaufzeit ( $\Delta t$ ) einen dritten vorgegebenen Signalschwellenwert ( $U_{S1}$ ) erreicht.
18. Verfahren nach Anspruch 17, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Verbrennungslambda auf  $\lambda_{F2} = 0,6$  bis  $0,9$ , insbesondere auf  $0,7$  bis  $0,8$ , abgesenkt wird.
19. Verfahren nach einem der Ansprüche 2 oder 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Anhebung und/oder Absenkung des Verbrennungslambdas stufenweise erfolgt.
20. Vorrichtung zur Durchführung einer Regeneration eines in einem Abgaskanal einer magerlauffähigen Verbrennungskraftmaschine (10) angeordneten  $\text{NO}_x$ -Speicherkatalysators (18), wobei der  $\text{NO}_x$ -Speicherkatalysator (18) bis zum Erreichen eines Regenerationsendes mit einer fetten bis stöchiometrischen Abgasatmosphäre mit  $\lambda \leq 1$  beaufschlagt wird und ein Regenerationsverlauf anhand eines durch eine stromab des  $\text{NO}_x$ -Speicherkatalysators (18) angeordnete sauerstoffsensitive Messeinrichtung (20) bereitgestellten sauerstoffabhängigen Signals verfolgt wird, **gekennzeichnet durch** Mittel, mit denen die Verfahrensschritte
- (a) Hochrechnung des sauerstoffabhängigen Signals ( $U_\lambda$ ) der Messeinrichtung (20) während der  $\text{NO}_x$ -Regeneration,
- (b) Bestimmung eines theoretischen Zeitpunktes ( $t_S$ ) auf Basis des hochgerechneten Signals, an dem ein vorgegebener Signalschwellenwert ( $U_{SE}$ ) überschritten wird, und



(b) Bestimmung des Regenerationsendes ( $t_E$ ), indem eine im Wesentlichen einer Abgaslaufzeit zwischen Verbrennungskraftmaschine (10) und  $\text{NO}_x$ -Speicherkatalysator (18) entsprechende Zeitspanne ( $\Delta t$ ) von dem theoretischen Zeitpunkt ( $t_S$ ) subtrahiert wird, ausführbar sind.

21. Vorrichtung zur Durchführung einer Regeneration eines in einem Abgaskanal einer magerlaufrfähigen Verbrennungskraftmaschine (10) angeordneten  $\text{NO}_x$ -Speicherkatalysators (18), wobei der  $\text{NO}_x$ -Speicherkatalysator (18) bis zum Erreichen eines Regenerationsendes mit einer fetten bis stöchiometrischen Abgasatmosphäre mit  $\lambda \leq 1$  beaufschlagt wird und ein Regenerationsverlauf anhand eines durch eine stromab des  $\text{NO}_x$ -Speicherkatalysators (18) angeordnete sauerstoffsensitive Messeinrichtung (20) bereitgestellten sauerstoffabhängigen Signals verfolgt wird, **gekennzeichnet durch** Mittel, mit denen die Verfahrensschritte

(a) Hochrechnung des sauerstoffabhängigen Signals ( $U_\lambda$ ) der Messeinrichtung (20) während der  $\text{NO}_x$ -Regeneration und

(b) Variierung eines der Verbrennungskraftmaschine (10) während der Regeneration zugeführten Luft-Kraftstoff-Gemisches (Verbrennungslambda) in Abhängigkeit von dem hochgerechneten Signal ( $U_\lambda$ ) unter Berücksichtigung einer im Wesentlichen einer Abgaslaufzeit zwischen Verbrennungskraftmaschine (10) und  $\text{NO}_x$ -Speicherkatalysator (18) entsprechenden Zeitspanne ( $\Delta t$ )

ausführbar sind.

22. Vorrichtung nach Anspruch 20 oder 21, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Mittel eine Steuereinheit (24) umfassen, in der ein Algorithmus zur Steuerung der Verfahrensschritte in digitaler Form hinterlegt ist.

23. Vorrichtung nach Anspruch 22, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Steuereinheit (24) in ein Motorsteuergerät (22) integriert ist.

24. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 20 bis 23, **dadurch gekennzeichnet, dass** die sauerstoffsensitive Messeinrichtung (20) eine Breitband- oder Sprungantwort-Lambdasonde oder einen  $\text{NO}_x$ -Sensor umfasst.

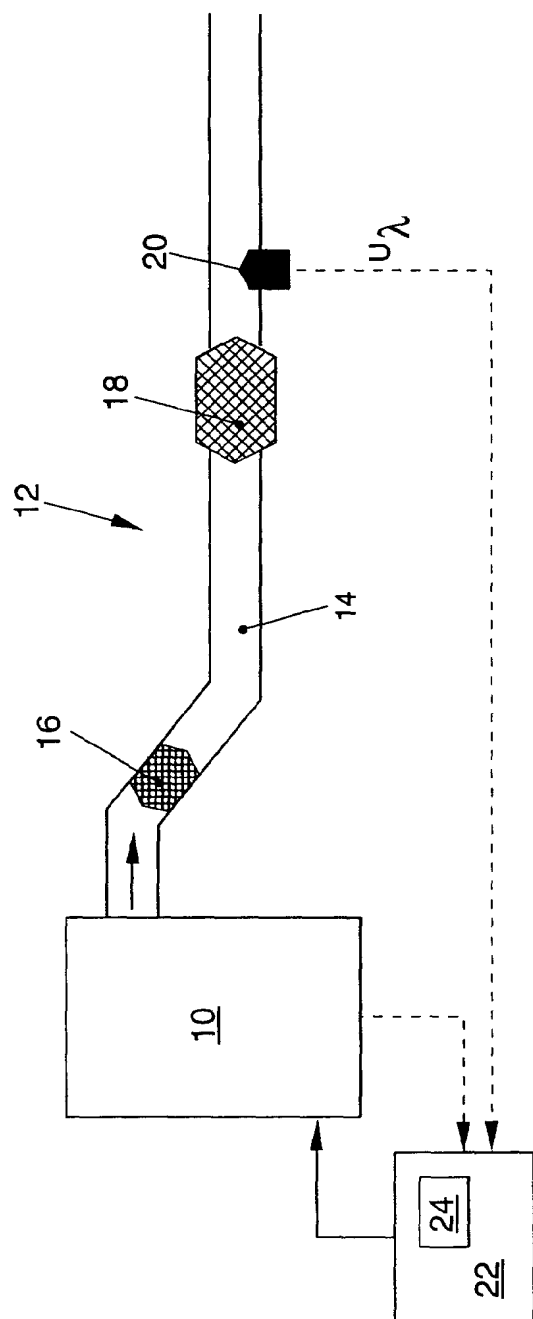
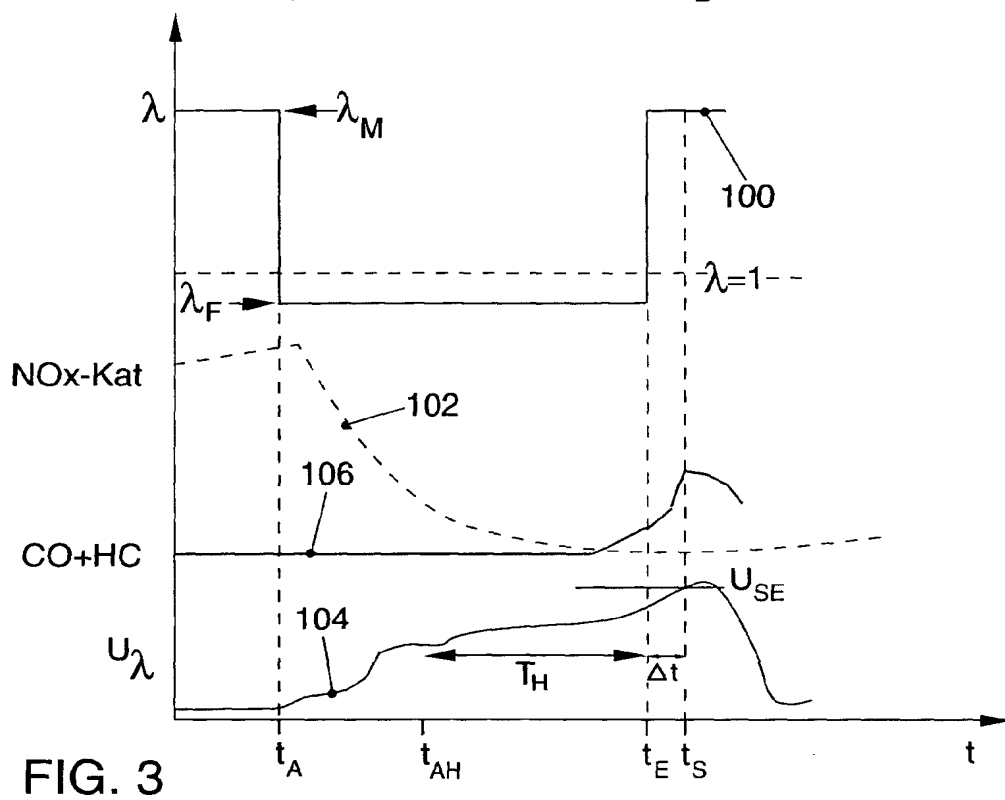
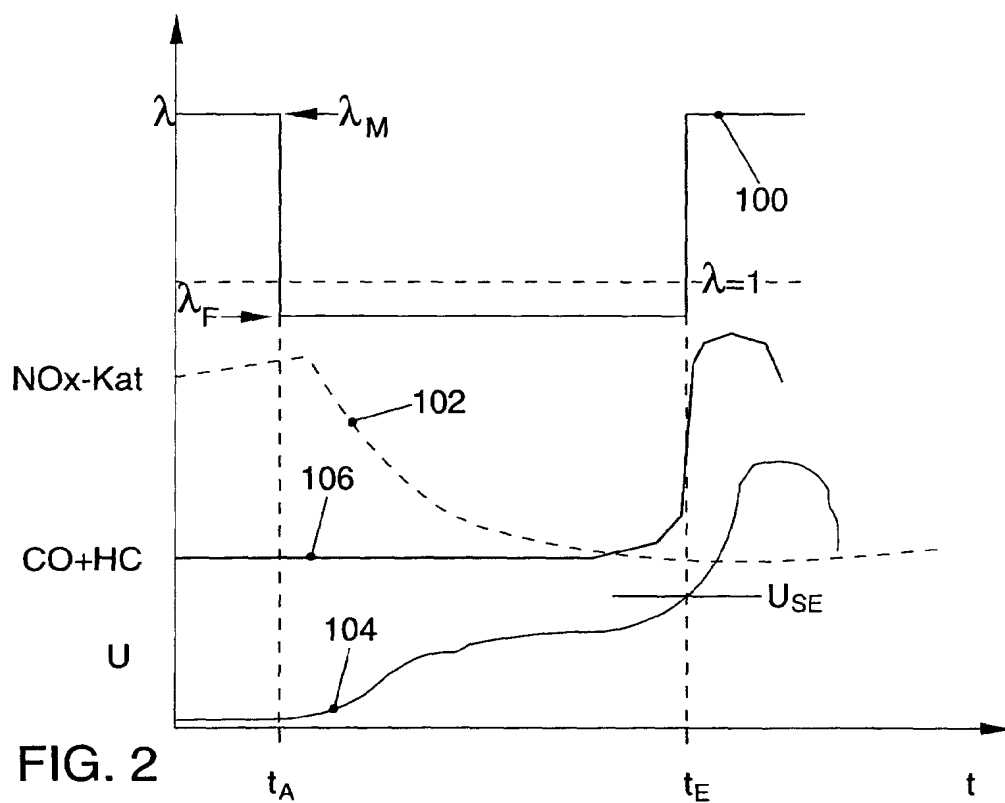


FIG. 1



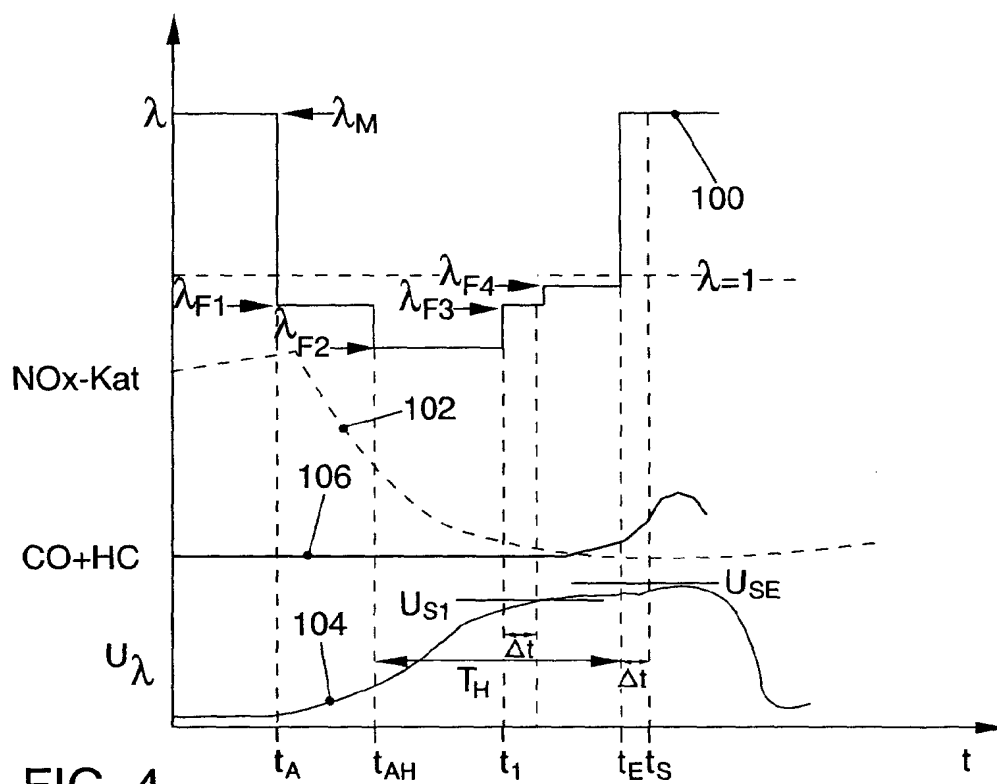


FIG. 4



Description of EP1209332

[Print](#)[Copy](#)[Contact Us](#)[Close](#)

## Result Page

Notice: This translation is produced by an automated process; it is intended only to make the technical content of the original document sufficiently clear in the target language. This service is not a replacement for professional translation services. The esp@cenet® Terms and Conditions of use are also applicable to the use of the translation tool and the results derived therefrom.

[0001] The invention relates to methods 21 features mentioned for the execution of a regeneration of a NOx Speicherkatalysators in an exhaust strand of an internal combustion engine as well as apparatuses for the execution of the regeneration with in the preambles of the independent claims 1 to 3 and/or 20 or.

[0002] Internal combustion engines, those from reasons of a consumption optimization at least temporary in a lean operation mode, i.e. with an oxygen-rich exhaust gas with  $\lambda > 1$ , operated, produce nitrogen oxides NOx in a stoichiometric excess become. This has to the sequence that reacted during a catalytic oxidative conversion of unburnt hydrocarbons HC and carbon monoxide CO of nitrogen oxides NOx do not become complete environmentalneutral nitrogen. To the remedy known is to arrange NOx Speicherkatalysatoren in the exhaust passages of internal combustion engines which store the NOx in lean operating phases as nitrate. In order to avoid NOx breakthroughs due to a NOx Speicherkatalysators fully loaded, the NOx Speicherkatalysator in recurrent distances must become regenerated. For this purpose the internal combustion engine becomes at short notice switched into a fat or stoichiometric work mode ( $\lambda \leq 1$ ). Consequently a reducing agent mass flow of the exhaust gas rises, the nitrogen oxides incorporated as nitrate becomes desorbed and catalytic simultaneous oxidation of CO and HC reacted, bottom at the NOx Speicherkatalysator.

[0003] In simple methods one regeneration duration, while that becomes the memory catalyst with the fat exhaust atmosphere applied, becomes fixed predetermined. Adverse one hieran is that an actual loading condition of the NOx Speicherkatalysators and a current regeneration rate the same of not considered become. Such a proceeding saves the risk that the regeneration duration becomes short or prolonged selected, whereby in the first case becomes an incomplete regeneration of the memory and in the second case an unnecessary higher fuel consumption as well as an emission of environmentalnoxious reducing agents (HC and CO) in purchase taken. Refined methods try to measure an actual loading condition of the NOx Speicherkatalysators on the basis certain operating parameters during the last lean phase and derive from this a required regeneration duration. However also this method is afflicted with significant inaccuracies, so that also here inappropriate NOx Regenerationsdauern with the sequences mentioned can result.

[0004] The other one methods are known, with which with the help of downstream the NOx Speicherkatalysators disposed sensor technology, which measures an oxygen portion of the exhaust gas, which becomes regeneration process monitored. A sinking oxygen portion in the exhaust gas indicates a reduced reducing agent conversion of the NOx memory and thus rising portions of the reducing agents in the exhaust gas. In order to avoid reducing agent break-throughs, the NOx regeneration becomes stopped, i.e. the internal combustion engine again into a lean operation mode switched, as soon as the measured oxygen portion falls below a predetermined limit value and/or a corresponding border tension exceeds a sensor tension. This method is connected with the disadvantage that the sensor can react only if already a certain reducing agent break-through arises. Furthermore the entire exhaust way between internal combustion engine and NOx Speicherkatalysator is still with fat, i.e. reduktionsmittelhaltigem, exhaust gas filled to the time of the limit value reaching. These reducing agents (HC and CO) arrive then to a large extent unkonvertiert as pollutants into the environment. In order to keep this pollutant emission small, the Verbrennungslambda may not become during the regeneration fat controlled in accordance with this proceeding. This leads additional to the disadvantage relatively prolonged regeneration lasting and an unnecessary higher fuel consumption.

[0005] The invention is the basis the object to place a method to the NOx regeneration of a NOx Speicherkatalysators to the order which regarding as small an reducing agent emission as possible optimized is and a simultaneous complete regeneration of the memory catalyst ensured. In an other aspect is as rapid a flow of the method as possible, i.e. become short regeneration lasting, ensured. Furthermore it is to become an apparatus provided favourable appropriate to the carrying out the method and.

[0006] This object becomes by methods with 3 features dissolved mentioned in the independent claims 1, the 2 and. Suitable devices are 21 features specified by in the independent claims 20 and characterized.

[0007] In accordance with a first invention process is provided that

(A) while the NOx regeneration the oxygen-dependent signal that is projected downstream the NOx Speicherkatalysators disposed measuring means, (B) on basis of the projected signal a theoretical time certain becomes, at which a predetermined signal threshold value prospective is exceeded, and (C) the regeneration end of certain becomes, by becoming essentially an exhaust running time between internal combustion engine and NOx Speicherkatalysator corresponding time interval of the theoretical time subtracted.

[0008] As the signal of the measuring means is thus projected, reaching the predetermined signal threshold value in the ahead determined can become with a sufficient reliability. This the possible consideration that the exhaust running time between internal combustion engine and NOx Speicherkatalysator corresponding time interval - subsequent simplicity-half as exhaust running time referred -, so that the NOx regeneration can become in time, i.e. stopped before the occurrence of a reducing agent break-through. Altogether the possible method thereby a reduction of the CO and HC-emission and a minimization of a higher fuel consumption necessary for the NOx regeneration.

[0009] The computer forecast of the oxygen-dependent signal of the measuring means made in accordance with an advantageous embodiment of the method on the basis current operating parameters of the internal combustion engine and/or the exhaust system. These can cover for instance a current, the internal combustion engine supplied air fuel mixture (Verbrennungslambda) and/or an exhaust mass flow and/or an exhaust gas temperature and/or a catalyst temperature. The accuracy of the computer forecast can become further by the fact increased that it bottom consideration of a behavioral model of the NOx Speicherkatalysators made. Such a behavioral model can contain for instance the course of a regeneration rate in response of the current reducing agent mass flow and/or the catalyst temperature. The behavioral model can besides the signal process measured during the current regeneration consider. Furthermore a favourable development of the method can become achieved, as the signal bottom consideration of a behavioral model of the oxygen-sensitive measuring means is projected. Knows in particular an inertia, thus a time lag, with which the measuring means indicate changed exhaust conditions, in addition, a current, approximately over an internal resistance measured, temperature of the measuring means considered become.

[0010] Although it is possible in principle to give the exhaust running time as fixed value preferred provided is to compute these on the basis current operating parameters of the internal combustion engine. Can be fallen back to known operating parameters such as engine load, speed or exhaust gas temperature or also different appropriate data.

[0011] Since the reliability of the computer forecast of the signal process bottom certain extreme boundary conditions can be reduced, a preferred carrying out the method plans to give limit values for various operating conditions of the internal combustion engine and/or the exhaust system and suppress the computer forecast, if these limit values are not kept. In particular limit values for the exhaust mass flow and/or for the temperature of the NOx Speicherkatalysators are meaningful, since with to high exhaust mass flows or to low catalyst temperatures the regeneration rates are too unstable, in order are projected with sufficient reliability to be able. The signal computer forecast can favourable-proves also suppressed to become if operating point-dependent influences of noise are present, which affect an irregular NOx regeneration. This is for example with a Schubabschaltung of the internal combustion engine the case.

⌂ top

[0012] In accordance with an other advantageous embodiment of the method the made computer forecast not during the entire regeneration duration of the memory catalyst, but only after lapse of a predetermined time after beginnings of the regeneration and/or after flow rate of a predetermined exhaust mass and/or after exceeding of a predetermined minimum threshold of the signal of the measuring means. By these measures ensured becomes that the signal process is already known over a certain minimum period and thus reliable extrapolated can become. After beginnings of the computer forecast the signal process should become further followed, so that the computer forecast can become continuous updated.

[0013] An other invention process plans that

(A) during the NOX regeneration the oxygen-dependent signal that is projected downstream the NOX Speicherkatalysators disposed measuring means and

(B) the internal combustion engine an air fuel mixture (Verbrennungslambda) in response of the projected signal bottom consideration of one, supplied during the regeneration, essentially the exhaust running time between internal combustion engine and NOX Speicherkatalysator corresponding time interval varied becomes.

[0014] The computer forecast according to invention possible in this aspect of the invention the consideration of the exhaust running time with the change of the Verbrennungslambdas during the regeneration, so that signal-high which can be expected on one responsive can become to a certain extent foresighted. Like that it is for example possible to raise the Verbrennungslambda before, an undesirable reducing agent break-through prognosticated by the computer forecast arises, to reduce and this in the long run by this measure or suppress even complete. Altogether the possible method thereby a reduction of the CO and HC-emission and a minimization of a higher fuel consumption necessary for the NOX regeneration.

[0015] The advantages mentioned result in still stronger extent from an other invention process, that essentially a combination of the two first mentioned methods represent and after which

(A) while the NOX regeneration the oxygen-dependent signal of the measuring means is projected,

(B) on basis of the projected signal a theoretical time certain becomes, at which a predetermined first signal threshold value is exceeded, and

(C) the internal combustion engine an air fuel mixture in response of the projected signal and/or the time bottom consideration of one, supplied during the regeneration, essentially an exhaust running time between internal combustion engine and NOX Speicherkatalysator corresponding time interval varied becomes, whereby in particular the regeneration end becomes certain, by becoming essentially the exhaust running time corresponding time interval of the theoretical time subtracted.

[0016] Additional one to the measures of the method ahead-mentioned becomes therefore (theoretical) reaching the signal threshold value in the ahead determined, predetermined for a regeneration abort. Thus the regeneration can in time, i.e. become before the occurrence of a reducing agent break-through, stopped.

[0017] After one advantageous embodiment of the methods the Verbrennungslambda of the internal combustion engine the regeneration end particularly becomes preceding lambda = 1 raised, whereby this value large, close on a value, i.e. lean, as a preceding Lambdawert and simultaneous < or = 1 is. Several alternatives result according to invention, in order to determine a time of this elevation. For example the elevation can take place after flow of a predetermined portion of a regeneration total period determined by the computer forecast. It is still more favourable to raise the Verbrennungslambda with reaching a second predetermined signal threshold value by the projected sensor signal bottom consideration of the exhaust running time whereby the second signal threshold value is naturally smaller as the first signal threshold value, if it concerns a probe tension. The elevation of the Verbrennungslambdas before the regeneration end of an effected reduction of a reducing agent mass flow to a time, at which small amounts of incorporated nitrogen oxides are only available in the memory catalyst for the conversion of the reducing agents. By this measure thus the risk of a reducing agent break-through at the end of the regeneration becomes additional reduced. It has itself particularly preserved, the Verbrennungslambda on Lambdawerte from 0,94 to 0,99, in particular on 0,95 to 0,98 to raise.

[0018] After an other advantageous embodiment the Verbrennungslambda of the internal combustion engine becomes so long lowered below a preceding Lambdawertes, until the projected sensor signal bottom consideration of the exhaust running time a third predetermined signal threshold value achieved. In this connection Verbrennungslambdawerte from 0,6 to 0,9, in particular from 0,7 to 0,8, have themselves particularly preserved. By this embodiment of the method the NOX Speicherkatalysator becomes therefore applied with a comparatively very fat exhaust atmosphere, as long as the memory exhibits in the third signal threshold marked minimum loading at nitrogen oxides. By these at least temporary very fat application of the memory catalyst becomes an efficiency of the NOX conversion increased, the regeneration duration shortened and finally the higher fuel consumption minimized which can be spent on the regeneration.

[0019] It is naturally more conceivable to give other threshold values whose excess releases other variations of the Verbrennungslambdas by the projected sensor signal. Additional threshold values can consider for example otherwise determined aging condition of the memory catalyst. The various elevations and/or decreases the internal combustion engine which can be supplied of the air fuel mixture can take place also stepwise or even continuous.

[0020] The apparatuses according to invention cover means, with which the described process steps are more executable. The means cover a control unit, in which an algorithm is deposited to the control of the process steps in digital form. This control unit can be favourably also into engine expensive equipment of the vehicle integrated.

[0021] The oxygen-sensitive measuring means know downstream the NOX Speicherkatalysators disposed Lambdasonde, in particular a broadband or a step response lambda probe, its or a NOx sensor, which has a Lambdaustragssignal.

[0022] Other preferred embodiments of the invention result from the remaining features specified in the Unteransprüchen.

[0023] The invention becomes subsequent more near explained in embodiments on the basis the associated designs. Show:

Fig 1 a principle representation of an internal combustion engine with an exhaust system;

Fig 2 time courses of various exhaust parameters during a conventional NOx regeneration;

Fig 3 time courses of various exhaust parameters during a NOx regeneration in accordance with a first embodiment of the instant invention; and

Fig 4 time courses of various exhaust parameters during a NOx regeneration in accordance with a second embodiment of the instant invention.

[0024] The internal combustion engine 10 represented in the fig 1 one is altogether with 12 referred exhaust system associated. The exhaust system 12 covers an exhaust passage 14, is 18 disposed in which in a engine near position of disposed Vorkatalysator 16 as well as a large volume NOX Speicherkatalysator. Beside the catalyst system the exhaust passage accommodates 16, 18 14 usually various, gas and/or temperature sensors not shown to the control of the internal combustion engine 10. Shown one is here only oxygen-sensitive measuring means 20, which are downstream the NOX Speicherkatalysators 18 disposed. The measuring means 20 can be for example a Lambdasonde or a NOx sensor, which with a Lambdameßfunktion provided is. In each case the measuring means 20 make a signal available U dependent of an oxygen portion of the exhaust gas lambda. This signal U lambda becomes 22 transmitted to engine expensive equipment, into which it digitized and processed become. Other ones, the operating condition of the internal combustion engine 10 concerned informations find likewise input into the engine expensive equipment 22. In the engine expensive equipment 22 a control unit is 24 integrated, in which an algorithm is deposited to the carrying out the method to the NOx regeneration of the NOx Speicherkatalysators 18. The engine expensive equipment 22 and the control unit 24 are in the layer, at least an operating parameter of the internal combustion engine 10, in particular an air fuel mixture (Verbrennungslambda), which can be supplied, to affect in response of the signal U lambda the measuring means in still to explanatory manner.

[0025] Fig 2 shows the time course of various parameters of the internal combustion engine 10 as well as the exhaust system 12 during a NOx regeneration of the NOx Speicherkatalysators 18, which becomes performed after a conventional method. First the internal combustion engine 10 is in a lean operation mode, in that it an oxygen-rich air fuel mixture with lambda M >> 1 supplied becomes (graph 100). In this phase the exhaust gas contains an excess at nitrogen oxides NOx, which by the Vorkatalysator 16 not complete converted to become to be able. NOx becomes 18 incorporated therefore in the NOx Speicherkatalysator, whose NOx loading increases thereby continuous (graph 102). On the basis an appropriate criterion a NOx Regenerationsnotwendigkeit recognized becomes a time TA. This can be for example, by the measuring means 20 detected NOx breakthrough. Consequently the internal combustion engine 10 becomes switched with lambda F, by influencing control of the engine expensive equipment 22 into a fat operation mode < 1. Due to the now increased mass flow of the reducing agents CO and HC in the exhaust gas in the NOx Speicherkatalysator 18 incorporated NOx desorbed and to nitrogen the reduced becomes. A decrease of the NOx loading (graph 102) of the memory catalyst 18 is to be

registered however only after a certain time delay after change-over of the internal combustion engine 10, since filled to the time TA the exhaust passage is 14 still with lean exhaust gas, which must pass first still the memory catalyst 18, before the reducing agents reach these. The course of the NOx regeneration becomes meanwhile followed with the help of the signal U provided of the measuring means 20 lambda - usually a voltage -. The probe tension U lambda (graph 104) behaves reverse proportional to an oxygen concentration of the exhaust gas downstream the memory catalyst 18. Since become consumed with progressive regeneration the reducing agents in ever smaller extent, the signal U rises lambda the measuring means 20 slow. To a time of width unit the achieved signal U lambda a predetermined threshold USE, whereupon the internal combustion engine 10 generally again into a lean operation mode with lambda M >> 1 switched becomes. To the time of the regeneration end of width unit however still exhaust gas with an high reducing agent portion is in the exhaust passage 14 between the internal combustion engine 10 and the memory catalyst 18. This flows through the now practical NOx free memory catalyst 18 and arrives unkonvertiert into the environment. The course that downstream the catalyst measured concentration of carbon monoxide CO and unburnt hydrocarbons HC (graph 106) shows therefore after regeneration end of width unit still another undesirable high increase.

[0026] In order the emission from pollutants will reduce to, according to the present invention another approach followed, in order to determine the regeneration end of width unit. The time course of the same parameters as in fig 2 is in fig 3 shown - this time during a regeneration in accordance with a first typical embodiment of the invention process. After beginnings of the regeneration to the time TA by change-over of the internal combustion engine 10 of a lean operation mode with lambda M >> 1 into a fat mode with lambda F1 < 1 becomes first the signal U lambda the measuring means 20 (graph 104) in known manner measured and recorded. After lapse of a predetermined time the control unit 24 begins to a time tAH with a computer forecast of the signal U lambda. This happens on basis of the course of U lambda and on the basis various operating parameters of the internal combustion engine 10 as well as the exhaust system 12, measured so far. Furthermore behavioral models of the memory catalyst 18 as well as the measuring means can become 20 during the computer forecast considered. On basis of the projected signal process a time becomes tS certain, becomes theoretical achieved at which the predetermined signal threshold value USE.

[0027] On the basis selected operating parameters the calculated control unit 24 furthermore one time interval DELTA t, which the current exhaust running time, which corresponds the exhaust gas up to reaching the memory catalyst to required. In accordance with a first aspect of the invention then the time of the actual regeneration end of width unit becomes certain by subtraction of the exhaust running time DELTA t of the time tS. During the period TH the computer forecast and thus the regeneration end of width unit become continuous updated on the basis current operating parameters and on the basis the actual signal process U lambda. If the so certain regeneration end is width unit achieved, the internal combustion engine becomes 10 again switched into the lean operation mode with lambda M. To convert at this time still another small amount incorporated NOx lies forwards (graph 102), which is sufficient, in order the residual reducing agents contained in the exhaust gas in the memory catalyst 18. Therefore downstream the memory catalyst 18 after the regeneration end of width unit only much minor proportions at pollutants measured (graph 106) become.

[0028] Fig 4 shows the time courses of the parameters in accordance with an advantageous embodiment of an other invention process, with which a predetermined Verbrennungslambda bottom consideration of the projected sensor signal becomes U lambda and the exhaust running time varied. The made computer forecast of the sensor signal U lambda (graph 104) as well as the determination of the exhaust running time DELTA t analogue to the proceeding explained in the frame of fig 3.

[0029] Immediate one after beginnings of the computer forecast of the sensor signal U lambda to the time tAH becomes first checked whether at this time and after flow of the determined exhaust running time DELTA t the projected sensor signal U is lambda still below a predetermined first threshold value US1. Only with affirmation of this checking - as in the represented example - the internal combustion engine 10 a supplied air fuel mixture can become on a Lambdawert different of an initial set Lambdawert lambda F1 lambda F2 changed. (Graph 100). With decrease of the Lambdawertes on a Lambdawert lower opposite the Lambdawert lambda F1 lambda F2 continues to rise the reducing agent mass flow of the exhaust gas and thus the regeneration rate, which settles in a steeper decay of the NOX loading of the memory catalyst 18 (graph 102). lambda F2 is so long maintained, until the projected signal U lambda bottom consideration of DELTA t the threshold value US1 achieved. This is to the time T1 the case, at which the Verbrennungslambda becomes a less fat Lambdawert lambda F3 raised (graph 100).

[0030] Short time late achieved in the present example the projected sensor signal U lambda a second, from reasons of clarity not represented signal threshold value US2, which is settled between US1 and USE. Reaching the signal threshold value US2 signaled that the NOX loading of the memory catalyst is 18 almost exhausted. In order to avoid a threatening pollutant break-through by the fat exhaust gas, the Verbrennungslambda becomes other 1 raised close on a value of lambda F4. lambda F4 amounts to then typically 0.95 to 0,98.

[0031] Furthermore on basis of the projected signal process certain in accordance with the method represented in fig 3 the time becomes tS, becomes theoretical achieved at which the predetermined signal threshold value USE. By subtraction of the exhaust running time DELTA t of the time tS then the time (actual) of the regeneration end of width unit certain becomes. If the so certain regeneration end is width unit achieved, will the internal combustion engine 10 again into the lean operation mode with lambda M switched, in order to prevent the pollutant break-through (graph 106). At this time still the small amount NOX (graph 102), present in the memory catalyst 18, provides for the large conversion of the small still reducing agent portion contained in the exhaust gas.

[0032] The comparison 4 concentrations of carbon monoxide CO and unburnt hydrocarbons HC, symbolized by the graphs 106 in the figs of the 2 and, downstream the NOX Speicherkatalysators 18 shows a strong reduction of the regeneration-conditional pollutant emission. In addition, it becomes significant that with suitable choice of the Lambdawerte lambda F1 to lambda F4 can become by the invention process the total duration of the NOX regeneration reduced, whereby a minimization of the higher fuel consumption necessary for the regeneration results.

#### REFERENCE SYMBOL LIST

10 Internal combustion engine  
 12 Exhaust system  
 14 Exhaust passage  
 16 Vorkatalysator  
 18 NOX Speicherkatalysator  
 20 oxygen-sensitive measuring means  
 22 Engine expensive equipment  
 24 Control unit  
 100 Verbrennungslambda  
 102 NOX loading of the NOX Speicherkatalysators  
 104 Signal process (U lambda) of the measuring means  
 106 Reducing agent content in the exhaust gas

TA Beginning of regeneration  
 width unit Regeneration end  
 tS Time of the excess of USE  
 tAH Beginning of computer forecast  
 TH Computer forecast duration  
 DELTA t Exhaust running time  
 U lambda Signal of the measuring means  
 USE Threshold value to the termination of the NOX regeneration  
 USi Threshold values to the elevation or decrease of the Verbrennungslambdas  
 lambda M Lambdamagerwert  
 lambda F Lambdafettwert